

**ANALISIS PENGARUH KONSENTRATOR LENS FRESNEL
TERHADAP EFISIENSI DAYA PANEL SURYA**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro
Program Studi Teknik Elektro



Oleh
Rizki Zakaria F
E.5051.1401662

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2019

ANALISIS PENGARUH KONSENTRATOR LENS FRESNEL TERHADAP EFISIENSI DAYA PANEL SURYA

Oleh
Rizki Zakaria Faturochman

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Elektro

© Rizki Zakaria Faturochman 2019
Universitas Pendidikan Indonesia
September 2019

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis

Rizki Zakaria Faturochman

E.5051. 1401662

**ANALISIS PENGARUH KONSENTRATOR LENS FRESNEL
TERHADAP EFESIENSI DAYA PANEL SURYA**

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I,



Dr. Tasma Sucita, ST., MT.
NIP. 19641007 199101 1 001

Pembimbing II,



Dr. Elih Mulyana, M.Si.
NIP. 19640417 199202 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro



Dr. Yadi Mulyadi, MT.
NIP. 19630727 199302 1 001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul *"ANALISIS PENGARUH KONSENTRATOR LENS FRESNEL TERHADAP EFESIENSI DAYA PANEL SURYA"* ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2019



Rizki Zakaria Faturochman

NIM. 1401662

ABSTRAK

Saat ini energi terbarukan merupakan solusi alternatif untuk dapat terlepas dari ketergantungan terhadap pemakaian energi fosil, khususnya minyak bumi yang semakin hari semakin menipis. Salah satu energi terbarukan yang bisa menjadi alternatif adalah dengan memanfaatkan energi matahari sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Melihat dari letak geografis, Indonesia memiliki potensi besar untuk memanfaatkan energi matahari dengan tingkat iradiasi harian matahari rata-rata yang relatif tinggi yaitu sebesar 4,5 kWh/m² setiap harinya dengan variasi bulanan sekitar 9%. Namun, potensi ini tidak dapat dimanfaatkan sepenuhnya karena efisiensi panel surya masih sangat rendah yaitu sekitar 16-25% (Nora, 2015, hlm.17). Angka itu tentu terlalu rendah jika panel surya ingin menjadi teknologi pembangkit tenaga surya yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat umum. Pada penelitian ini dikembangkan sistem panel surya dengan memanfaatkan lensa Fresnel yang dapat memusatkan intensitas cahaya matahari terhadap permukaan sel surya dan akan dianalisis menggunakan metode kuantitatif. Untuk menyesuaikan posisi panel surya agar selalu menghadapi matahari, maka penelitian ini akan dikombinasikan dengan *solar tracker*. Dengan mengkombinasikan kedua teknologi ini diharapkan agar panel surya dapat menyerap intensitas cahaya matahari secara maksimum. Dari percobaan yang telah dilakukan dengan mengkombinasikan konsentrator lensa frenel dan *solar tracker* diketahui bahwa pada panel surya 12 WP dengan konsentrator dapat menghasilkan daya lebih besar dibandingkan tanpa konsentrator dengan rata-rata efisiensi sebesar 26,54% atau setara dengan 3.184 watt. Sedangkan daya maksimal yang dapat dikeluarkan oleh panel adalah sebesar 7.198 Watt dengan efisiensi 59.98%.

Kata Kunci : energi terbarukan, panel surya, konsentrator, lensa fresnel, *solar tracker*

ABSTRACT

Currently renewable energy is an alternative solution so that it can be separated from dependence on the use of fossil energy, especially oil which is increasingly depleted. One of the renewable energy that can be an alternative is to utilize solar energy as a Solar Power Plant (PLTS). Looking at geographical location, Indonesia has great potential to utilize solar energy with a relatively high average daily solar irradiation rate of 4.5 kWh / m² every day with a monthly variation of around 9%. However, this potential cannot be fully utilized because the efficiency of solar panels is still very low at around 16-25% (Nora, 2015, hlm.17). That figure is certainly too low if solar panels want to become solar power generation technology that can be utilized by the general public. In this study solar panel systems were developed using a Fresnel lens that can concentrate the intensity of sunlight on the surface of solar cells. To adjust the position of the solar panel to always face the sun, this research will be combined with a solar tracker. By combining these two technologies, it is expected that the solar panel can absorb the maximum intensity of sunlight. From the experiments that have been done by combining the fresnel lens concentrator and solar tracker, it is known that the 12WP solar panels with concentrators can produce more power than without concentrators with an average efficiency of 26.54% or equivalent to 3,184 watts. While the maximum power that can be released by the panel is 7,198 Watts with an efficiency of 59.98%.

Keyword : renewable energy, solar panel, concentrator, fresnel lens, solar tracker

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“ANALISIS PENGARUH KONSENTRATOR LENS A FRESNEL TERHADAP EFISIENSI DAYA PANEL SURYA”**. Skripsi ini disusun sebagai bagian dari persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Departemen Pendidikan Teknik Elektro, program studi Teknik Elektro.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tentunya tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu dengan segala hormat penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak dan Mamah, orang tua tercinta dan tersayang yang selalu memberikan dukungan moral dan material kepada penulis.
2. Bapak Dr. H. Yadi Mulyadi, M.T. selaku ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro.
3. Bapak Iwan Kustiawan, Ph.D. selaku ketua Program Studi S1 Teknik Elektro.
4. Bapak Dr. Tasma Sucita, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang memberikan arahan dan masukan kepada penulis.
5. Bapak Dr. Elih Mulyana, , M.Si. selaku Pembimbing II yang juga selalu memberikan masukan dan arahan kepada penulis.
6. Ayah Venia yang telah membantu memberikan ide-ide saat melakukan penelitian.
7. Bang Mawardi yang telah meminjamkan peralatan solar tracker.
8. Hadrian Javas dan Ronny Zulkarnaen yang telah membantu pembuatan program solar tracker
9. M. Fakhri Ramadhan yang telah membantu pembuatan kerangka lensa Fresnel dan panel surya.
10. Barbegs yang selalu mendoakan serta memberikan dukungan moral kepada penulis.
11. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga semua kebaikan yang telah diberikan selama proses penyelesaian skripsi ini menjadi sebuah keberkahan dibalas dengan ganjaran yang berlipat ganda oleh Allah SWT, Amin.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan untuk pengembangan lebih lanjut. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Bandung, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Struktur Organisasi Skripsi	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Energi Terbarukan	7
2.2 Potensi Energi Surya	8
2.3 Semikonduktor	10
2.4 Prinsip Kerja Panel Surya.....	11
2.5 Daya Listrik	13
2.5.1 Daya Nyata.....	13
2.5.2 Daya Reaktif.....	14
2.5.3 Daya Semu	14
2.6 Efek Fotolistrik.....	15
2.7 Karakteristik Solar Sel.....	16
2.8 Faktor Pengoperasian Solar Sel.....	17
2.9 Penghantar Listrik	19
2.10 Jenis Penghantar	20
2.11 Lensa Fresnel	21
2.12 Lux Meter	22
2.13 Hukum Kirchhoff.....	23
2.14 Gerak Semu Matahari	24
2.15 Sudut Deklinasi Matahari	25

2.16	Motor DC	27
2.16.1	Motor DC <i>Stepper</i>	27
2.16.2	Motor Servo	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		31
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	31
3.2	Lokasi Penelitian	32
3.3	Perancangan Panel Surya	32
3.4	Perancangan <i>Solar Tracker</i>	35
3.5	Perancangan Sistem PLTS	37
3.6	Spesifikasi Komponen.....	39
3.7	Instrumen Penelitian	42
3.8	Analisis Data	44
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN		47
4.1	Temuan Penelitian	47
4.1.1	Hasil Perancangan	47
4.1.2	Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya.....	49
4.1.3	Hasil Pengukuran Keluaran Panel Surya	53
4.1.4	Pengukuran Beban	66
4.2	Pembahasan	68
4.2.1	Kinerja Lensa Fresnel	68
4.2.2	Peningkatan Efisiensi Panel Surya.....	69
4.2.3	Jarak Terbaik Pemasangan Konsentrator	72
4.2.4	Penyuplayan Beban	73
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI		75
5.1.	Simpulan.....	75
5.2.	Implikasi	76
5.3.	Rekomendasi	76
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN.....		84

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Efisiensi Panel Surya Berdasarkan Jenisnya (Nora, 2015, hlm.17).....	2
Tabel 1.2 Perbandingan Intensitas Cahaya Sebelum dan Sesudah Dikonsentrasikan (Maula, 2016, hlm.70).....	3
Tabel 2.0.1 Data Sumber Daya Energi Baru dan Energi Terbarukan (ESDM, 2016, hlm.10)	7
Tabel 2.2 Nomenklatur kode-kode kabel di Indonesia (Ratnata,2014,hlm.III-4). 21	
Tabel 2.3 Perubahan deklinasi matahari dalam satu tahun (Padil, 2016)	26
Tabel 2.4 nomor urut hari dalam satu tahun	26
Tabel 3.1 Spesifikasi Panel Surya.....	39
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Solar Charge Contoller</i>	40
Tabel 3.3 Spesifikasi Baterai.....	40
Tabel 3.4 Spesifikasi motor servo.....	41
Tabel 3.5 Spesifikasi motor linier aktuator	41
Tabel 3.6 Spesifikasi Mini Digital Voltmeter Ammeter	42
Tabel 3.7 Pengukuran intensitas cahaya dan suhu	43
Tabel 4.1 Pengukuran sudut pergeseran <i>solar tracker</i>	48
Tabel 4.2 Pengukuran intensitas cahaya hari ke-1	49
Tabel 4.3 Pengukuran intensitas cahaya hari ke-2	50
Tabel 4.4 Pengukuran intensitas cahaya hari ke-3	51
Tabel 4.5 Hasil pengukuran tegangan (V) dan arus (I) hari pertama.....	54
Tabel 4.6 Hasil pengukuran tegangan (V) dan arus (I) hari kedua	55
Tabel 4.7 Hasil pengukuran tegangan (V) dan arus (I) hari ketiga.....	56
Tabel 4.8 Perhitungan daya dan efisiensi panel surya	57
Tabel 4.9 Pengukuran pada hari pertama dengan beban lampu sebelum dikonsentrasikan.....	58
Tabel 4.10 Pengukuran panel surya pada hari pertama dengan beban lampu setelah dikonsentrasikan.....	59
Tabel 4.11 Perhitungan daya keluaran panel surya 22 Desember 2018	60
Tabel 4.12 Pengukuran panel surya hari kedua dengan beban lampu sebelum dikonsentrasikan.....	61
Tabel 4.13 Pengukuran panel surya hari kedua dengan beban lampu setelah dikonsentrasikan.....	61
Tabel 4.14 perhitungan daya keluaran panel surya pada hari kedua dengan beban lampu.....	62
Tabel 4.15 Pengukuran Panel Surya pada hari ketiga dengan beban lampu sebelum dikonsentrasikan.....	63
Tabel 4.16 Pengukuran Panel Surya pada hari ketiga dengan beban lampu setelah dikonsentrasikan.....	64
Tabel 4.17 Perhitungan daya keluaran panel surya pada hari ketiga dengan beban lampu.....	65
Tabel 4.18 Rata-rata pengukuran arus selama tiga hari	66
Tabel 4.19 Rata-rata pengukuran daya selama tiga hari	66
Tabel 4.20 Penggunaan daya dengan beban lampu 7W	66
Tabel 4.21 Perhitungan selisih daya pembangkitan dan daya pembebanan	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Distribusi Penyinaran di Indonesia (Widayana, 2012, hlm.40)2	
Gambar 2.1 Grafik Distribusi Penyinaran di Indonesia (Widayana, 2012, hlm.40)8	
Gambar 2.2 Material dilihat dari struktur pita energi. a) konduktor, b) Isolator dan d) semikonduktor (Sholihun, 2009, hlm.6)	11
Gambar 2.3 Proses pengubahan energi matahari menjadi energi listrik pada sel surya Bagian (Yuwono, 2005, hlm.6)	11
Gambar 2.4 Sambungan Semikonduktor p-n (Wibowo, 2008).....	12
Gambar 2.5 Spektrum cahaya (Pradana; Tjendro, 2015)	16
Gambar 2.6 Grafik arus terhadap tegangan dan daya terhadap tegangan sebagai karakteristik sel surya (Yuwono, 2005, hlm.10)	17
Gambar 2.7 Pengaruh temperatur terhadap tegangan (V) (Strong, 1987)	18
Gambar 2.8 Pengaruh intensitas matahari terhadap arus (I) (Strong, 1987)	18
Gambar 2.9 Ekstra luasan panel surya dalam posisi datar (Strong, 1987).....	19
Gambar 2.10 Titik fokus lensa cembung (Wakole, 2016)	22
Gambar 2.11 Ilustrasi Hukum Kirchhoff Arus (Kustija, 2014)	23
Gambar 2.12 Rangkaian loop tertutup (Jumadi, 2010, hlm.2).....	24
Gambar 2.13 Gerak semu tahunan matahari (Hartono, 2016)	25
Gambar 2.14 Motor <i>Stepper Variable-reluctance</i> (Eriksson, 1998, hlm. 1).....	28
Gambar 2.15 Motor <i>Stepper Permanent Magnet</i> (Eriksson, 1998, hlm.1)	29
Gambar 2.16 Motor <i>Stepper Hybrid</i> (Eriksson, 1998, hlm.1)	29
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 3.2 Diagram alir proses perancangan panel surya.....	32
Gambar 3.3 Rangkaian panel surya	33
Gambar 3.4 Desain solar tracker	33
Gambar 3.5 Penentuan jarak lensa terhadap permukaan panel.....	34
Gambar 3.6 Diagram alir proses perancangan <i>solar tracker</i>	35
Gambar 3.7 Program untuk menentukan arah gerak motor pada <i>solar tracker</i>	36
Gambar 3.8 Diagram blok sistem <i>solar tracker</i>	37
Gambar 3.9 Diagram alir proses perancangan system PLTS.....	37
Gambar 3.10 Rangkaian sistem PLTS	38
Gambar 3.11 Panel Surya Poly-crystalline	39
Gambar 3.12 <i>Solar Charge Controller</i> Tipe EPHC10-EC	39
Gambar 3.13 Baterai GS Astra GM5Z-3B.....	40
Gambar 3.14 Motor servo MG995.....	40
Gambar 3.15 Motor linier aktuator	41
Gambar 3.16 Mini Digital Voltmeter Ammeter.....	41
Gambar 3.17 Diagram alir proses pengujian dan analisis data.....	42
Gambar 3.18 Pengukuran Output Panel Surya	43
Gambar 4.1 Hasil perancangan panel surya.....	47
Gambar 4.2 Hasil perancangan panel surya dengan tambahan lensa Fresnel dan <i>solar tracker</i> (a) tampak samping, (b) tampak atas.....	48
Gambar 4.3 Proses (a) pengukuran intensitas cahaya dan (b) pengukuran suhu ..	49
Gambar 4.4 Grafik rata-rata intensitas cahaya.....	51

Gambar 4.5 Ketinggian maksimum matahari di kota Bandung (Time and Date, 2018)	52
Gambar 4.6 Grafik intensitas cahaya harian	52
Gambar 4.7 Proses pengukuran tegangan dan arus panel surya	53
Gambar 4.8 Grafik hubungan arus terhadap intensitas cahaya hari pertama	54
Gambar 4.9 Grafik arus terhadap intensitas cahaya hari kedua	55
Gambar 4.10 Grafik arus terhadap intensitas cahaya hari ketiga	56
Gambar 4.11 Grafik rata-rata daya yang dihasilkan selama 3 hari	57
Gambar 4.12 Grafik arus terhadap pada hari pertama dengan beban lampu	59
Gambar 4.13 Grafik daya terhadap waktu pada hari pertama dengan beban lampu	60
Gambar 4.14 Grafik arus terhadap waktu pada hari kedua dengan beban lampu	62
Gambar 4.15 Grafik daya terhadap waktu pada hari kedua dengan beban lampu	63
Gambar 4.16 Grafik arus terhadap waktu pada hari ketiga dengan beban lampu	64
Gambar 4.17 Grafik daya terhadap waktu pada hari ketiga dengan beban lampu	65
Gambar 4.18 Grafik tegangan baterai saat menyuplay beban	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Uji Pendahuluan	85
Lampiran 2 Posisi Matahari Per Jam	87
Lampiran 3 Skrip Koding Solar Tracker.....	89
Lampiran 4 Buku Bimbingan.....	93

DAFTAR PUSTAKA

- Andriawan, A. H., & Slamet, P. (2017). *Tegangan Keluaran Solar Cell Type Monocrystalline Sebagai Dasar Pertimbangan Pembangkit Tenaga Surya*. 02(01), 39–45.
- Bachtiar, M. (2006). Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (Solar Home System). *SMARTek*, 4(3), 176–182. Retrieved from <https://media.neliti.com/media/publications/221906-prosedur-perancangan-sistem-pembangkit-l.pdf>
- Cahyana. (2017). *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Berbasis Tenaga Air Dan Surya*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Cook, A. G., Billman, L., & Adcock, R. (1995). *Photovoltaic Fundamentals* (and B. G. Paula Pitchford, James Jones & Technical, Eds.). SERI.
- Eriksson, F. (1998). Stepper Motor Basics. In *Industrial Circuits Application Note* (pp. 1–6). Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Stepper+Motor+Basics#1>
- ESDM, K. (2016). Program Strategis EBTKE dan Ketenagalistrikan. *Journal Energi*, 02, 100. Retrieved from www.esdm.go.id
- Fatma, D. (2018). Gerak Semu Harian Matahari: Pengertian, Proses Terjadinya, Dampak dan Fungsinya. Retrieved September 16, 2018, from Ilmu Geografi website: <https://ilmugeografi.com/fenomena-alam/gerak-semu-harian-matahari>
- Hartono, J. (2016). Pengertian dan Akibat Revolusi Bumi (Gerak Semu Matahari, Perbedaan Siang Malam, Pergantian Musim). Retrieved September 20, 2018, from <http://www.biomagz.com/2016/05/pengertian-dan-akibat-revolusi-bumi.html>
- Hossain, M. A., Islam, M. S., Chowdhury, M. M. H., Sabuj, M. N. H., & Bari, M. S. (2011). Performance evaluation of 1.68 kWp DC operated Solar pump With Auto Tracker Using Microcontroller Based Data Acquisition System. *International Conference on Mechanical Engineering 2011*, 2011(December), 18–20.

- Ichsan, M. (2016). Perbandingan Transmisi Daya AC Dan DC. Retrieved September 18, 2018, from Scribd website: <https://www.scribd.com/doc/98414276/Perbandingan-Transmisi-Daya-Ac-Dan-Dc>
- Jumadi. (2010). *Praktikum Analisis Rangkaian Listrik*. Yogyakarta.
- Kalogirou, S. A. (2004). Solar thermal collectors and applications. In *Progress in Energy and Combustion Science* (Vol. 30). <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2004.02.001>
- Klassen, S. (2011). The Photoelectric Effect: Reconstructing the Story for the Physics Classroom. *Science and Education*, 20(7), 719–731. <https://doi.org/10.1007/s11191-009-9214-6>
- Kurniawan, M. A. (2016). *Aplikasi Accelerometer pada Penstabil Monopod Menggunakan Motor Servo*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Kustija, J. (2014). *Modul Rangkaian Elektrik I*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Leutz, R., & Suzuki, A. (2001). Nonimaging Fresnel Lenses: Design and Performance of Solar Concentrators. In *Springer International Publishing*. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-45290-4>
- Maula, E. M. 'Atul. (2016). *Efek Tebal Lensa Pemfokus Cahaya Matahari Sebagai Sumber Panas Mesin Stirling Tipe Gamma*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Menghani, P. D., Udawant, R. R., Funde, A. M., & Dingare, S. V. (2012). Low Pressure Steam Generation by Solar Energy With Fresnel Lens : A Review. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 60–63.
- Mertens, K. (2014). *Photovoltaics Fundamental, Technology and Practice*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Mintorogo, D. S. (2000). Strategi Aplikasi Sel Surya (Photovoltaic Cells) Pada Perumahan Dan Bangunan Komersial. *Dimensi Teknik Arsitektur*, 28(2), 129–141.
- Nora, A. (2015). *Karakterisasi Panel Surya Model SR-156P-100 Berdasarkan Intensitas Cahaya Matahari*. UNIVERSITAS LAMPUNG BANDAR LAMPUNG.

- Padil, A. (2016). Dasar-Dasar Ilmu Falak Dan Tataordinat: Bola Langit dan Peredaran Matahari. *Al Daulah : Jurnal Hukum Pidana Dan Ketatanegaraan*, 2(2), 195–214. Retrieved from http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/al_daulah/article/view/1476/1424
- Pradana; Tjendro, M. A. P. (2015). Prototype Sistem Kontrol Otomatis Pada Pembangkit Listrik Alternatif Tegangan Rendah. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, 14, 32–36.
- Raharjo, P. (2013). *Perancangan Sistem Hibrid Solar Cell – Baterai – PLN Menggunakan Programmable Logic Controllers* (Universitas Jember). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Roby, F. (2016). *Perbaikan Faktor Daya Untuk Beban Rumah Tangga Secara Otomatis*. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Sholihun. (2009). *Tesis komputasi parameter internal sel surya organik dan penentuan pola keterkaitannya terhadap intensitas menggunakan metode*. Universitas Gadjah Mada.
- Strong, S. J. (1987). *The Solar Electric House, A Design Manual for Home-Scale Photovoltaic Power Systems*. Pennsylvania: Rodale Press.
- Sujarwata. (2013). *Pengendali Motor Servo Berbasis Mikrokontroler Basic Stamp 2Sx Untuk Mengembangkan Sistem Robotika*. V, 47–54.
- Syahrul. (2013). Karakteristik dan Pengontrolan Servomotor. *Majalah Ilmiah UNIKOM Vol.8, No.2, 8(2), 143–150*. Retrieved from http://jurnal.unikom.ac.id/_s/data/jurnal/v08-n02/volume-82-artikel-5.pdf/pdf/volume-82-artikel-5.pdf
- Wakole, D. (2016). Lensa Cembung: Pengertian, Rumus, Sifat Bayangan. Retrieved September 24, 2018, from <http://www.yuksinau.id/lensa-cembung-pengertian-rumus-sifat-bayangan/>
- Wibowo, R. A. (2008). Melihat prinsip kerja sel surya lebih dekat – Updated (Bagian Pertama). Retrieved November 28, 2018, from Wordpress website: <https://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-sel-surya-lebih-dekat/>
- Widayana, G. (2012). *Pemanfaatan Energy Surya*. 37–46.
- Wijaya, A. F. C. (2010). *Gerak Bumi Dan Bulan*. Jayapura: Digital Learning Lesson

Study.

Yuliatmaja, M. R. (2009). *Kajian Lama Penyinaran Matahari Dan Pergerakan Semu Matahari Saat Solstice Di Semarang (Studi Kasus Badan Meteorologi Dan Geofisika Stasiun Klimatologi Semarang Pada Bulan Juni Dan September Tahun 2005 Sampai Dengan 2007) Skripsi Untuk Memperoleh Gelar*. Universitas Negeri Semarang.

Yuwono, B. (2005). *Optimalisasi Panel Sel Surya dengan menggunakan sistem pelacak berbasis mikrokontroler AT89C51*.